

Quantitative Bestimmung des Fluor-Ionen-Gehaltes
im Zahnschmelz nach Touchierung mit zwei
verschiedenen Fluorlack-Präparaten
im klinischen Versuch

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Charlott-D. Schönbauer . geb. Weiß
aus Rostock

Marburg 1973

Quantitative Bestimmung des Fluor-Ionen-Gehaltes
im Zahnschmelz nach Touchierung mit zwei
verschiedenen Fluorlack-Präparaten
im klinischen Versuch

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Charlott-D. Schönbauer . geb. Weiß

aus Rostock

Marburg 1973



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am 5. Juni 1973

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. H. Oepen

Referent: Prof. Dr. med. dent. H.F.M. Schmidt

Korreferent: Prof. Dr. med. dent. I. Hennis

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553805_0094

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A Einleitung : Kariesprophylaxe durch Fluoride	1
B Hauptteil : 1) Wirkungsmechanismus bei der örtlichen Applikation von Fluoriden	3
2) Untersuchungsmethode	5
a) Das verwendete Zahnmaterial	5
b) Die Durchführung der Touchierung mit Fluorlack am Patienten	5
c) Die quantitative Bestimmung der in den Zahnschmelz eingedrungenen Fluor-Ionen	7
3) Untersuchungsergebnisse	14
a) Quantitativer Vergleich der Fluoridaufnahme des Zahnschmelzes nach Touchierung mit natriumfluoridhaltigem bzw. ammoniumfluoridhaltigem Lack	14
b) Vergleich des Fluor-Gehaltes des Zahnschmelzes an unterschiedlichen Zahnflächen	18
4) Diskussion der Versuchsergebnisse	21
C Zusammenfassung	23
D Literaturverzeichnis	24

Einleitung

Kariesprophylaxe durch Fluoride

In zivilisierten Ländern ist der Befall an Zahnkaries auf 95-98% gestiegen. Der ständige Anstieg fordert den Zahnarzt nicht nur zur Therapie, sondern auch in verstärktem Maße zur Prophylaxe auf.

Da die Zahnkaries in erster Linie eine ernährungsbedingte Zivilisationskrankheit ist, müssen die Patienten immer wieder auf die Hauptursache, nämlich die Ernährungsfehler hingewiesen werden. Die sinnvollste Prophylaxe liegt in der Einschränkung des Verzehrs saccharosehaltiger Nahrungs- und Genussmittel, wobei die Häufigkeit der Zufuhr (süße Zwischenmahlzeiten) und die Verweildauer in der Mundhöhle ausschlaggebend sind. Es ist ferner eine Konsistenz der Nahrung zu fordern, die für eine ausreichende funktionelle Belastung des Kauorgans und natürliche Selbstreinigung sorgt. Bei der heutigen Ernährungsweise ist eine ausreichende Selbstreinigung des Gebisses des zivilisierten Menschen meist nicht gegeben, so daß diese durch eine regelmäßige Reinigung des Gebisses mit der Zahnbürste ersetzt werden muß. Da die kariesbegünstigenden Zivilisationsfaktoren, wie die Erfahrung lehrt, nur zum Teil ausgeschaltet werden können, sind weitere kariesprophylaktische Maßnahmen erforderlich.

In dieser Hinsicht hat sich das Element Fluor in Form von Fluoriden bewährt. Seine Wirkung beruht in erster Linie auf einer Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Zahnschmelzes gegenüber den Gärungssäuren der Zahnplaques. Die langjährige Forschung erbrachte verschiedene enterale und lokale Anwendungsmöglichkeiten.

Bei den enteralen Fluoridgaben stehen vor allem die Trinkwasserfluoridierung, Kochsalzfluoridierung und Fluortabletten zur Wahl.

DEANs Beobachtungen zufolge (herabgesetzte Kariesanfälligkeit in Gebieten mit erhöhtem Fluoridgehalt des Trinkwassers) wurde 1945 in den USA die künstliche Trinkwasserfluoridierung eingeführt und bis heute stark ausgebaut. Bei einer Dosierung von 1 mg/Liter wurde immer wieder eine signifikante Kariesreduktion einerseits und die Unschädlichkeit andererseits nachgewiesen (ARNOLD et al., HEUSER, KÜNZEL u. viele andere).

Die Kochsalzfluoridierung ermöglichte ähnlich wie die Trinkwasserfluoridierung eine regelmäßige Zufuhr von Fluorid. Sie wurde vor allem in der Schweiz durchgeführt (MARTHALER, WESPI u.a.).

Bei der Fluorzuführung in Tablettenform kommt es bei regelmäßiger Einnahme der vorgeschriebenen Dosis über längere Zeit zu einer starken Hemmung neu entstehender Defekte (KESSLER und SOLT, LEONHARDT, MARTHALER und KÖNIG, WODE u.a.).

Der enteralen Fluoridzufuhr ist die lokale Behandlung der Zähne mit fluoridhaltigen Touchierungsmitteln, Mundwässern und Zahnpasten gegenüberzustellen.

Die Touchierung der Zahnoberflächen mit natriumfluoridhaltigen Lösungen wurde erstmalig in den Jahren 1942-1944 angewandt und zeigte eine deutliche Kariesreduktion (ARMSTRONG, BIBBY, KNUDSON). Die karieshemmende Wirkung konnte später auch von anderen Autoren bestätigt werden (HEUSER, KESSLER, SCHÜTZMANN, WANNENMACHER u.a.).

Neben Natriumfluorid wurden noch andere Fluorverbindungen angewandt, wie z.B. das Zinn-(II)-Fluorid (MUHLER und Mitarb. u.a.), das Magnesiumsilicofluorid (KNAPPWOST, HEUSER und WIEGELMANN, SCHÜTZMANN u.a.), organische Aminfluoride (KÖNIG, MARTHALER, MÜHLEMANN u.a.) und Natrium-monofluorophosphat (FINN und JAMISON u.a.). Gegenwärtig finden vor allem Zinnfluorid und Aminfluoride als Zahnpasten und Touchierungsmittel Anwendung. Darüber hinaus wird Natriumfluorid in Form von

Mundspülmitteln (TORELL u.a.) und in Fluor-Lacken angewandt.

Durch die Entwicklung des Fluor-Lack-Verfahrens konnte H.F.M. SCHMIDT 1964 die örtliche Fluorapplikation verbessern. Die Wirksamkeit dieser Methode wurde in verschiedenen Laboratoriumsversuchen sowie in Tierexperimenten und in klinischen Versuchen nachgewiesen (ALBAT, HEUSER, NEUMANN, RICKEN, SCHMIDT). Das Verfahren findet seit einigen Jahren in der zahnärztlichen Praxis sowie in der Jugendzahnpflege Anwendung.

Der von SCHMIDT entwickelte Fluorlack Duraphat wurde von MAIWALD und GEIGER bei Leipziger Schulkindern getestet. Die dreimalige Applikation im Jahr bewirkte bei einer Versuchszeit von 23 Monaten eine Steigerung der Säureresistenz und eine Reduktion des Karieszuwachses bei den Kindern von 45%.

Die vorliegende Arbeit diente dem Zweck, bei zwei verschiedenen Fluorlack-Präparaten die in der Mundhöhle erfolgende Fluoridaufnahme des Zahnschmelzes nach einmaliger Touchierung quantitativ zu bestimmen.

Hauptteil

1) Wirkungsmechanismus bei der örtlichen Applikation von Fluoriden

Die prophylaktische Wirkung lokal an den Zähnen applizierter Fluoride beruht in erster Linie auf einer Steigerung der Widerstandsfähigkeit des Zahnschmelzes gegen Säureentkalkung. Daneben wird die Reparation des Zahnschmelzes durch den Speichel von Fluor-Ionen begünstigt (HEUSER und WIEGELMANN, KNAPPWOST u.a.) und möglicherweise ein Einfluß auf die fermentativen Vorgänge in den Zahnplaques ausgeübt (MÜHLEMANN, SCHMIDT u.a.).

Der chemische Wirkungsmechanismus bei der Reaktion der Fluor-

Ionen mit dem Zahnschmelz bei der örtlichen Anwendung ist noch nicht restlos geklärt. Bei höher konzentrierten Lösungen soll zunächst vorwiegend Kalziumfluorid, bei niederen Konzentrationen und langer Einwirkungszeit dagegen unmittelbar Fluorapatit gebildet werden (KNAPPWOST, RATHJE, PERDOCK u.a.).

PERDOCK nimmt an, daß auch die organischen Bestandteile des Schmelzes eine Rolle spielen und so ein Fluorapatit-Proteinkomplex entsteht.

BRUDEVOLD, TRAUTZ u.a. sehen in dem Austausch säureanfälliger Karbonate durch Fluoride einen wichtigen Faktor.

Obwohl die chemischen Vorgänge noch nicht eindeutig festgelegt werden konnten, ist doch eine wichtige Folgeerscheinung, nämlich die gesteigerte Säureresistenz, allgemein anerkannt. Die kariesprophylaktische Bedeutung dieser Wirkung der Fluoride wird durch die "Säuretheorie" der Karies von MILLER verständlich.

Neben der Fluorkonzentration und chemischen Zusammensetzung der verwendeten Fluoride hängt die Wirkung wesentlich von der Einwirkungszeit ab.

Bei Anwendung der üblichen wässrigen Touchierungslösungen können die Fluor-Ionen nur einige Minuten auf die Zahnoberflächen einwirken. Im Gegensatz dazu ermöglicht das von H.F.M. SCHMIDT entwickelte Fluorlack-Verfahren eine über Stunden anhaltende Reaktion der F-Ionen mit dem Zahnschmelz. Aus dem auf den Zähnen haftenden Lackfilm diffundieren Fluor-Ionen in den Schmelz und ermöglichen eine gewisse Tiefenwirkung, die bei den wässrigen Touchierungsmitteln infolge zu kurzer Einwirkungszeit nicht zu erreichen ist.

2) Untersuchungsmethode

a) Das verwendete Zahnmaterial

Da wir für die chemische Analyse von verschiedenen Stellen des Zahnschmelzes Proben benötigten, kamen für die Versuche nur Personen in Betracht, denen in absehbarer Zeit aus zahnärztlicher Indikation Zähne extrahiert werden mußten. Die Zahl der uns zur Verfügung stehenden Versuchszähne wurde vor allem durch die Forderung nach relativ intakten Zahnkronen sehr eingeschränkt.

Das Zahnmaterial stammte hauptsächlich von Patienten der hiesigen Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Poliklinik und Bettenstation sowie kieferorthopädische Abteilung) und von Patienten einer zahnärztlichen Praxis in Mülheim.

Für die analytischen Bestimmungen des Fluor-Gehaltes benutzten wir insgesamt 52 Zähne. Das Durchschnittsalter der Patienten, deren Zähne für den Wirkungsvergleich der beiden Fluorlacke verwendet wurden, war in beiden Gruppen fast gleich. Es betrug 50,0 bzw. 48,4 Jahre.

b) Die Durchführung der Touchierung mit Fluorlack am Patienten

Das Ziel der Untersuchungen war, die Wirkung zweier Fluorlack-Präparate in der Mundhöhle zu vergleichen. Es handelte sich bei den Präparaten um einen natriumfluoridhaltigen und um einen ammoniumfluoridhaltigen Lack. Das NaF lag in ungelöster Form als kristalline Suspension in einer alkoholischen Lösung (Äthylalkohol) von indifferenten Naturharzen vor. 1 ml Lack enthielt 50 mg NaF, welches einem Fluorgehalt von 22,6 mg entspricht. Das Ammoniumfluorid war in gelöster Form in feinsten Tröpfchen in einer alkoholischen Lösung von Naturharzen verteilt. Der F-Gehalt dieses Lackes betrug 15 mg/ml. Die große Klebkraft der Naturharze bewirkte die gute Haftfähigkeit beider Präparate. Die Fähigkeit, auch auf feuchten Zähnen unter Speichel zu erstarren, war ein wichtiger Vorteil bei der Applikation.

Vor dem Touchieren legten wir für jeden Probanden eine Karteikarte an, auf der die Personalien eingetragen wurden. In einer kleinen Skizze hielten wir die Lage des zu extrahierenden Zahnes und seine Kontaktverhältnisse zum Nachbarzahn fest. Es wurde vermerkt, ob nur dieser Zahn, eine Kieferhälfte oder das ganze Gebiß gepinselt wurde. Weiterhin trugen wir das Touchierungsmittel, Touchierungsdatum und später auch das Extraktionsdatum ein.

Die Versuche führten wir bei beiden Mitteln in gleicher Weise durch. Vor der Pinselung wurden die Zähne nur von sichtbaren weichen Belägen befreit; auf eine gründliche Reinigung mit Bürstchen und Bimssteinpulver, wie es meist bei früheren Untersuchungen mit Fluor-Lack von SCHMIDT, NEUMANN und RICKEN u.a. beschrieben wurde, verzichteten wir. Auch das früher übliche Trockenlegen mit Luftbläser und Watterollen wurde nicht durchgeführt, sondern wir verwendeten das von SCHMIDT angegebene Schnelltouchierverfahren. Die "relative Trockenlegung" der einzelnen Quadranten erfolgte mit Hilfe eines mit Zellstoff umwickelten Holzspatels. Wir ließen die Probanden zuerst mit einer Kieferseite auf den Spatel beißen, so daß von den Okklusionsflächen der Speichel vom Zellstoff abgesaugt wurde, dann drückten wir den Spatel von bukkal und palatinal bzw. lingual gegen die Zahnreihe eines Quadranten. Während des Touchierens benutzten wir denselben Spatel zum Abhalten der Wange; gleichzeitig wurde damit der Parotisspeichel ferngehalten.

Den F-Lack füllten wir für jeden Probanden in kleine, aus Kunststoff gepreßte Dosiergefäße. Die maximale Füllmenge von 1 ml Fluor-Lack nahmen wir für die vollständige Touchierung eines Erwachsenengebisses. Bei Teiltouchierungen und bei Kindern applizierten wir entsprechend weniger.

Wir trugen den F-Lack mit einem mit Watte umwickelten Holzstäbchen (Q-Tip) auf die Zahnkronen auf. Danach konnten die Probanden den Mund sofort schließen.

Wie von SCHMIDT schon beschrieben, so konnten auch wir beobachten, daß infolge eines Adhäsionseffektes der Lack sich an allen konkav geformten Zahnabschnitten (Fissuren, Grübchen, Füllungsrän­der, beginnende Entkalkungsstellen) und besonders stark in den Approximalräumen durch die Kapill­arwirkung sammelt. Beim Schließen des Mundes wurde der noch feuchte Fluor-Lack durch die Bewegung der Weichteile von den Glat­tf­lächen z. T. weggeschoben und ähnlich wie die Speise­reste zu den Prä­dilektionsstellen der Karies befördert. Da außerdem beide Fluorlack-Präparate an den Zahnkronen besser haften als an der Schleimhaut, konnte von uns an den Prä­dilek­tionsstellen der Karies eine bevorzugte Fluor-Lackbeschich­tung beobachtet werden, die ein länger anhaltendes Fluorid-Depot bot, und somit eine ausgeprägte Schutzwirkung erwarten ließ.

Nach dem Touchieren wurden alle Probanden angehalten, an dem Touchierungstag möglichst nur noch breiige Nahrung zu sich zu nehmen, auf der untouchierten Seite zu kauen und das Zähneputzen bis zum nächsten Morgen zu unterlassen. Eine einheitliche Einwirkungszeit der Lackschicht war nicht zu erwarten, da die Patienten zu unterschiedlichen Tageszeiten touchiert werden mußten. Die Zeit von der Touchierung bis zur Extraktion der Zähne betrug bei der Gegenüberstellung der beiden Fluor-Lacke für beide Versuchsgruppen durchschnittlich jeweils 3,3 Tage.

c) Die quantitative Bestimmung der in den Zahnschmelz ein­gedrungenen Fluor-Ionen

Die Schichtanalysen des Schmelzes wurden nach der von SCHMIDT verwendeten Methode durchgeführt, die sich auf Arbeiten von BÜTTNER, KÖNIG, MÜHLEMAN, SCHAIT, WHARTON u.a. stützt. Der Schmelz wurde nach Abätzen einzelner Schichten in Perchlorsäure chemisch quantitativ analysiert.

Die Zahnkronen teilten wir mit Separierscheiben in meist vier Sektoren, so daß die bukkalen, lingualen bzw. palatinalen und approximalen Schmelzabschnitte getrennt untersucht werden konnten. Die Kronenteile bedeckten wir so mit selbsthärtendem Kunststoff, daß nur noch die Schmelzoberfläche frei blieb. Dann justierten wir diese Stückchen auf einer Glasplatte mit der Schmelzoberfläche parallel zur Glasplatte und fixierten diese Lage durch Kunststoff. Nach dem Erstarren des Kunststoffes war durch die Glasplatte eine plane Grundfläche entstanden, die es erlaubte, mit einem Mikrometer den Schmelzabtrag zu bestimmen. In einem weiteren Arbeitsgang wurde ein kleiner Glasstab an den Kunststoffblock anpolymerisiert, der ein besseres Eintauchen in die Ätzflüssigkeit ermöglichte. (Abb. 1)

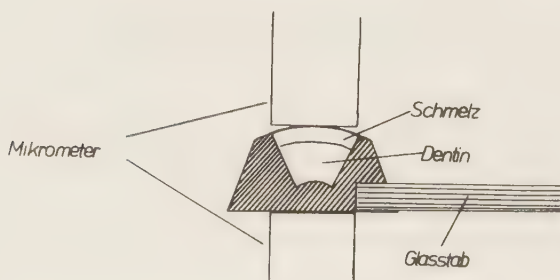


Abb. 1 : In Kunststoff eingebetteter
Zahnkronensektor beim Messen
mit dem Mikrometer

Vor der ersten Ätzung wurden die Präparate 1/2 Stunde in fließendes Wasser gelegt, um eine Gewichtsbeeinflussung durch spätere Wasseraufnahme zu vermeiden. Die Präparate wurden direkt in den zweikammerigen Kunststoffbehältnissen (Abb. 2) geätzt, in denen auch die Gasdiffusion durchgeführt wurde.

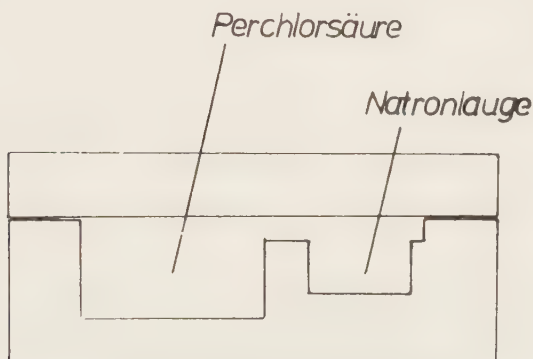


Abb. 2 : Kunststoffbehältnis für die
Gasdiffusion (nach BÜTTNER)

Wir pipettierten 2 ml 6%ige analysenreine Perchlorsäure jeweils in die größere Kammer der Diffusionsgefäße. Bei der Durchführung der Ätzung wurden die Diffusionsgefäße leicht gekippt, so daß wir die eingebetteten Zähne ganz in die Perchlorsäure eintauchen konnten. Die Zähne bewegten wir so lange in der Säure bis der gewünschte Abtrag erfolgt war. Das Abätzen der vorgeschriebenen Schichtdicke erreichten wir mit ausreichender Genauigkeit folgendermaßen: Anhand von Erfahrungswerten ätzten wir zunächst nach Zeit annähernd die erwünschte Schichtdicke ab, kontrollierten den Abtrag mit dem Mikrometer und korrigierten, falls erforderlich, durch weiteres Ätzen.

Bei den ersten vier Ätzungen trugen wir je 0,03 mm, bei der fünften Ätzung eine Schicht von 0,08 mm und bei der sechsten und siebenten 0,1 mm ab. Der Schmelz wurde also insgesamt bis zu einer Tiefe von 0,4 mm untersucht. Nach jeder Ätzung wurden die Präparate kurz mit Druckluft getrocknet und mit dem Mikrometer gemessen. Dann wurden sie in Spiritus getaucht, druckluftgetrocknet und mit der Analysenwaage ($\pm 0,01$ mg) das Gewicht bestimmt. Die Gewichts-differenzen zwischen den einzelnen Ätzungen ergaben das Gewicht des jeweils abgetragenen Schmelzes.

Da die Flüssigkeitsproben Kalzium enthielten, ließ sich eine direkte colorimetrische Fluor-Bestimmung nicht durchführen. Wir benutzten zur Trennung die Gasdiffusion, die in den in Abb. 2 dargestellten, von BÜTTNER empfohlenen Behältnissen durchgeführt wurden. Wir füllten in die kleine Kammer der Diffusionsgefäße 0,3 ml 1,3 N NaOH. Die Gefäße wurden mit eingeschliffenen Deckeln und Silikonfett während der Diffusion abgedichtet. Die so verschlossenen Kunststoffbehältnisse wurden 20 Stunden einer gleichbleibenden Temperatur von 60° C ausgesetzt. Nach 10 Minuten überprüften wir noch einmal den exakten Verschluss der Gefäße. Bei einer Temperatur von 60° C diffundierte das Fluor als gasförmiger Fluorwasserstoff aus der stark sauren Perchlorsäure in die Natronlauge, wo es dann quantitativ bestimmt werden konnte.

Die quantitative Fluoranalyse führten wir colorimetrisch nach einer von WHARTON angegebenen Methode durch. Es wird hierbei ein farbiger Metall-Komplex verwendet, der durch Reaktion der Fluor-Ionen mit dem Metall zerstört wird. Mit steigendem Fluoridgehalt der Lösung kommt es daher zu einer zunehmenden, colorimetrisch meßbaren Aufhellung der Farblösung.

Wir verwendeten folgende Lösungen:

Lösung A :

3,16 g Sulfanilsäureazochromotrop
in 550 ml Aqua dest. gelöst

Lösung B :

0,133 g Zirkonium (IV)-Oxidchlorid
in 50 ml Aqua dest.
350 ml 25% HCl (pro Analysi)
auf 500 ml mit Aqua dest. auffüllen

Die Lösung A muß einen dreiwöchigen Reifungsprozeß durchlaufen und in einer dunklen Flasche aufbewahrt werden. Beide Lösungen mischten wir vor Gebrauch im Verhältnis A:B=1:1.

Für jedes Diffusionsgefäß wurde ein 10 ml-Kölbchen mit 0,5 ml der Farblösung bereitgestellt. In diese Kölbchen pipettierten wir jeweils die Natronlauge mit dem aufgenommenen Fluorwasserstoff eines Diffusionsbehältnisses. Wir spülten dreimal mit Aqua dest. nach und füllten auch die Spülflüssigkeit in die Kölbchen, um Substanzverluste zu vermeiden. Alle Kölbchen wurden dann mit Aqua dest. auf 10 ml aufgefüllt, geschüttelt und für die colorimetrische Bestimmung bereitgestellt. Die colorimetrische Bestimmung führten wir mit einem Eppendorf-Photometer durch. Die Meßergebnisse bezogen wir auf Eichkurven, deren Werte wir mit Natriumfluoridlösungen bekannten Fluor-Gehaltes unter adäquaten Versuchsbedingungen bestimmten. Die Eichkurve wurde ebenfalls mit der Gasdiffusionsmethode ermittelt. Wir pipettierten jeweils in die größere Kammer zu der Perchlorsäure 0, 4, 8, 12, 16, 20 µg Fluor in Form von Natriumfluoridlösung. Da sich die Farbstofflösung allmählich verän-

derte, war es notwendig, bei jeder Versuchsreihe gleichzeitig die Werte für die Eichkurve zu ermitteln. Ein Beispiel einer Eichkurve zeigt Abb. 3. Wir dividierten die nachgewiesenen Fluor-Mengen durch die dazugehörigen Mengen des abgetragenen Schmelzes und erhielten so den Fluor-Gehalt.

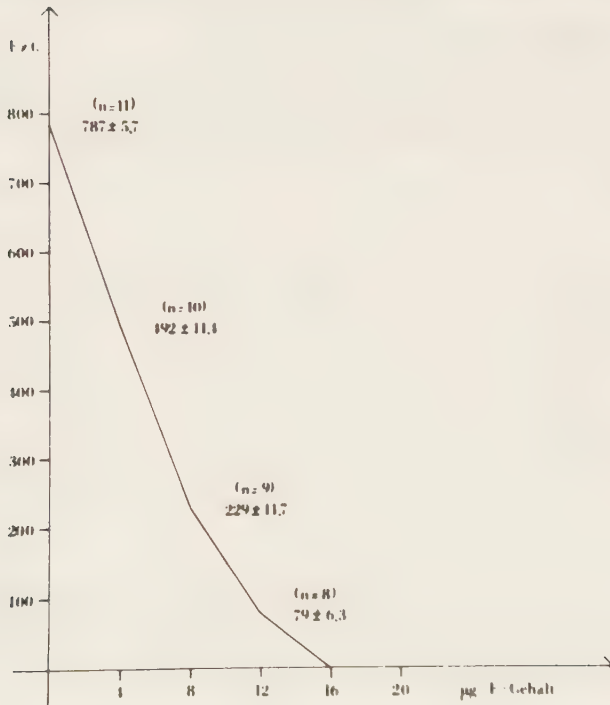


Abb. 3 : Eichkurve

Die Werte wurden durch Gasdiffusion von Natriumfluoridlösungen mit 0, 4, 8, 12, 16 µg Fluor ermittelt. Die zugehörigen Extinktionswerte sind mit ihren Standardabweichungen oberhalb der Kurve eingetragen. (n = Anzahl der Versuche)

3) Untersuchungsergebnisse

- a) Quantitativer Vergleich der Fluoridaufnahme des Zahnschmelzes nach Touchierung mit natriumfluoridhaltigem bzw. ammoniumfluoridhaltigem Lack

Die Tabelle I zeigt eine Gegenüberstellung des mittleren Fluorgehaltes der gesamten abgeätzten Schmelzschicht von 0,4 mm.

	n	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$d \pm s_d$	P
natriumfluoridhaltiger Lack	18	771 ± 141		
ammoniumfluoridhaltiger Lack	18	356 ± 94	415 ± 172	$< 0,025$

Tabelle I :

Vergleich des Fluor-Gehaltes des Zahnschmelzes in der äußeren Schicht von 0,4 mm nach Touchierung mit natriumfluoridhaltigem bzw. ammoniumfluoridhaltigem Lack.

n : Anzahl der Zähne

$\bar{x}$: Mittelwerte des F-Gehaltes in p.p.m. (1 p.p.m.=0,1 mg%)

$s_{\bar{x}}$: Standardabweichung der Mittelwerte

d : Differenz der Mittelwerte ($\bar{x}_{na} - \bar{x}_{am}$)

s_d : Standardabweichung der Mittelwertdifferenz

P : Irrtumswahrscheinlichkeit für die Differenz der Mittelwerte

Die Tabelle I zeigt, daß in der Gesamtschichtdicke von 0,4 mm bei den Zähnen, die mit dem natriumfluoridhaltigen Lack behandelt wurden, ein mehr als doppelt so großer Fluorid-Gehalt festgestellt wurde. Die Unterschiede der Mittelwerte erwiesen sich als signifikant.

Tabelle II und Abb. 4 geben die Mittelwerte des F-Gehaltes der einzelnen Schichten wieder. (s. Seite 16 u. 17)

Schicht	0-0,03	0,03-0,06	0,06-0,09	0,09-0,12	0,12-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4
n	18	18	18	18	18	18	18
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	1510 $\pm$ 254	931 $\pm$ 170	1110 $\pm$ 229	1130 $\pm$ 251	794 $\pm$ 158	642 $\pm$ 148	639 $\pm$ 162

n	18	18	18	18	18	18	18
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	1044 $\pm$ 94	553 $\pm$ 142	342 $\pm$ 108	243 $\pm$ 85	190 $\pm$ 225	269 $\pm$ 88	231 $\pm$ 85

d $\pm$ s _d	466 $\pm$ 271	378 $\pm$ 222	768 $\pm$ 253	887 $\pm$ 265	604 $\pm$ 275	373 $\pm$ 172	408 $\pm$ 184
P	<0,1	<0,1	<0,005	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05

Tabelle II :

Vergleich des Fluor-Gehaltes in bestimmten Schichten des Zahnschmelzes nach Touxchierung mit natriumfluoridhaltigem bzw. ammoniumfluoridhaltigem Lack.
Schicht = analysierte Schmelzschicht (in mm), von der Schmelzoberfläche aus gemessen.

Weitere Zeichenerklärung zu Tabelle II siehe Tabelle I.

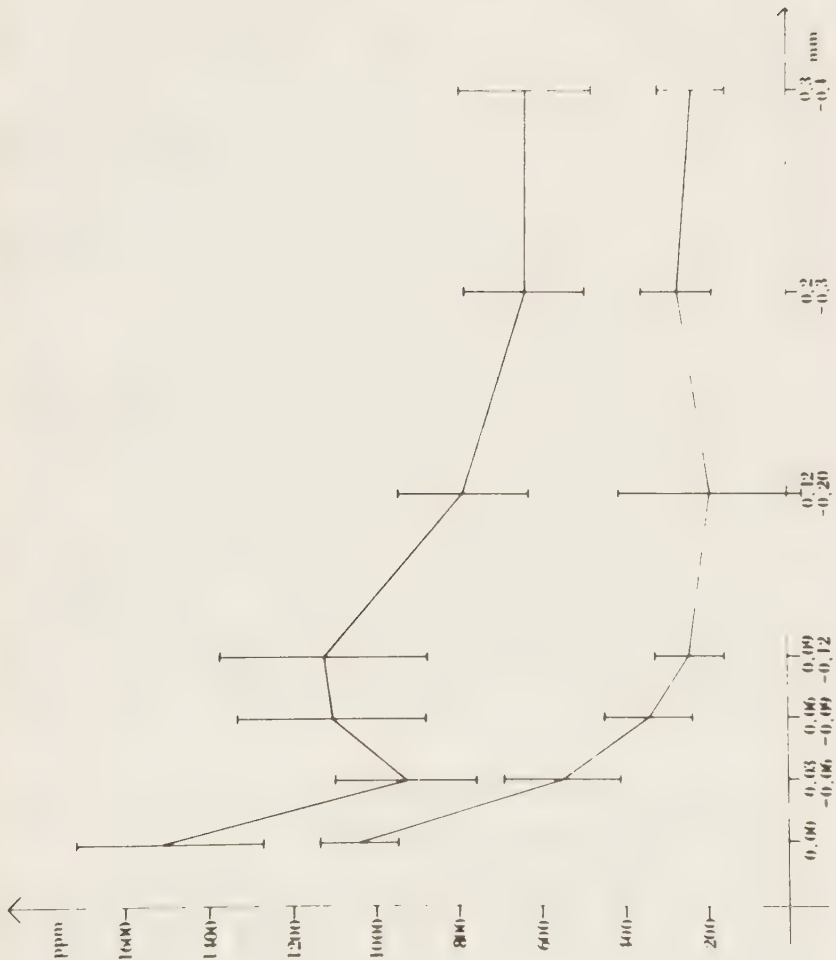


Abb. 4 : Graphische Darstellung des Fluor-Gehaltes mit Standardabweichungen der Mittelwerte in sieben aufeinanderfolgenden Schichten (untersuchte Intervalle angegeben in mm) nach Touchierung mit dem natriumfluoridhaltigen (obere Kurve) bzw. dem ammoniumfluoridhaltigen Präparat

Die Mittelwerte des F-Gehaltes waren in den ersten beiden Schichten, d.h. bis zu einer Tiefe von 0,06 mm, bei dem natriumfluoridhaltigen Lack größer. Die Differenzen waren jedoch nicht signifikant. Die Unterschiede der Schichten 3 und 4 hingegen, die bis zu einer Tiefe von 0,12 mm reichen, sind signifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 0,5 %. In der dritten Schicht ergibt sich ein Mindestunterschied von 515 p.p.m., für die vierte Schicht von 622 p.p.m. Von der dritten Schicht an zeigt sich eindeutig eine stärkere Fluor-Anreicherung bei dem natriumfluoridhaltigen Lack. Auch in der fünften, sechsten und siebten Schicht bleibt die stärkere Wirkung des natriumfluoridhaltigen Präparates bestehen, wobei die Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % liegt.

Die Ergebnisse der Tabelle II sind in einer graphischen Darstellung wiedergegeben. Ein relatives Absinken des F-Gehaltes in Richtung tieferer Schichten, wie es schon von MÜHLEMANN, H.F.M. SCHMIDT u.a. beobachtet wurde, ist auch hier bei beiden Präparaten zu beobachten. Die äußerste Schmelzschicht zeigt bei beiden F-Lack-Präparaten einen deutlich höheren F-Gehalt als alle darauf folgenden Schichten. Im Gegensatz zum ammoniumfluoridhaltigen Lack, bei dem die nächsten Schichten deutlich und kontinuierlich in ihrem F-Gehalt abfallen, werden bei dem natriumfluoridhaltigen Lack auch noch die tieferen Schichten stark fluoridiert.

b) Vergleich des Fluor-Gehaltes des Zahnschmelzes
an unterschiedlichen Zahnflächen

Mit Hilfe unserer Karteikarten stellten wir fest, welche unserer gesammelten Zähne in der Mundhöhle in Kontakt zu einem Nachbarzahn gestanden hatten. Diese Zähne faßten wir unabhängig von dem verwendeten Touchierungsmittel zu einer Gruppe zusammen. Wir wollten feststellen, ob der F-Gehalt in den Ap-proximalräumen mit Kontakt, wo die Fluorlack-Präparate nach unseren Beobachtungen besonders gut und lange haften, höher ist als an den Glattflächen.

Die ppm-Werte der einzelnen Flächen beziehen sich auf Schmelzanalysen bis zu einer Tiefe von 0,4 mm von der Schmelzoberfläche aus gemessen. Wir berechneten für jeden Zahn den Mittelwert des Fluor-Gehaltes der Kontaktflächen und den der kontaktfreien Flächen. Für die statistische Prüfung bildeten wir für jeden Zahn den Unterschied zwischen den Analysewerten mit und ohne Kontakt (sog. Paardifferenzen) und prüften, ob sich die mittlere Differenz signifikant von Null unterscheidet (Tabelle III).

Die Approximalflächen, die in der Mundhöhle in Kontakt zu den Nachbarzähnen standen, nahmen nach Touchierung mit F-Lack ca. $121 \text{ ppm} \pm 39 \text{ ppm}$ mehr Fluor auf als die Zähne ohne Kontakt. Dieser Befund ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,5 % signifikant.

Mittelwert des Fluor-Gehaltes in p.p.m.

Lfd. Nr.	I an Zahnflächen mit Kontakt	II an Zahnflächen ohne Kontakt	I - II = d
1	1960	1680	+ 280
2	470	281	+ 189
3	2526	1980	+ 546
4	184	173	+ 11
5	518	235	+ 283
6	254	214	+ 40
7	606	794	- 188
8	233	109	+ 124
9	203	111	+ 92
10	173	64	+ 109
11	81	68	+ 13
12	133	257	- 124
13	112	78	+ 34
14	181	127	+ 54
15	466	165	+ 301
16	333	366	- 33
17	163	153	+ 10
18	510	605	- 95
19	1524	763	+ 761
20	1058	952	+ 106
21	358	258	+ 100
22	296	181	+ 115
23	285	229	+ 56

$$\bar{d} = 121$$

$$s_d = 39$$

$$P < 0,005$$

Zeichenerklärung zu Tabelle III:

d : Differenzen der ppm-Werte der Zahnflächen mit u. ohne Kontakt

$\bar{d}$: durchschnittliche Differenz

s_d : Standardabweichung der Differenz

P : Irrtumswahrscheinlichkeit

Diskussion

Es war die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung, die Fluoridaufnahme des Zahnschmelzes nach in-vivo-Anwendung von zwei Fluorlack-Präparaten miteinander zu vergleichen.

Beide fluoridhaltigen Lacke ergaben in der ersten analysierten Schicht von 0,03 mm Fluoridwerte von über 1000 ppm. Nach Untersuchungen von MÜHLEMANN u.a. ist für einen optimalen Kariesschutz in der äußersten Schmelzschicht von 30 µm mindestens eine Fluorkonzentration von 1000 ppm zu fordern.

Die Mittelwerte der Fluoridkonzentration liegen in allen analysierten Schichten bei den mit natriumfluoridhaltigem Lack behandelten Zähnen höher als bei den Zähnen, die unter gleichen Bedingungen mit ammoniumfluoridhaltigem Lack behandelt worden waren. Besonders auffallend sind die Unterschiede im Bereich der beiden Schichten von 0,06-0,09 und von 0,09-0,12 mm. Die "NaF-Lack-Zähne" erreichen hier Werte, die über 1100 ppm liegen, während der Vergleichslack Werte von unter 350 bzw. 250 ppm aufweist. Die Unterschiede haben in diesem Bereich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,005. Die Ergebnisse zeigen, daß der NaF-haltige Lack eine ausgeprägte Tiefenwirkung besitzt, während der ammoniumfluoridhaltige Lack diese Eigenschaft nicht erkennen läßt.

Das Fehlen der Tiefenwirkung des ammoniumfluoridhaltigen Lackes bei Anwendung in der Mundhöhle ist wahrscheinlich auf ein zu schnelles Auswaschen des Fluorids aus dem Lackfilm durch den Speichel zurückzuführen. Auf diese Weise ist die Langzeitfluoridierung nicht gegeben.

Bei dem natriumfluoridhaltigen Lack handelte es sich um eine kristalline Suspension des Fluorids, die sich gegen das Auswaschen durch den Speichel stabiler zeigte und somit eine Langzeitfluoridierung ermöglichte.

Unsere in-vivo-Ergebnisse mit dem NaF-Lack zeigen im Vergleich zu früher von SCHMIDT mit demselben Lack veröffentlichten in-vitro-Ergebnissen einige Unterschiede. SCHMIDT erreichte in der äußersten Schmelzschicht (30 μm dick) nach Touchierung in einer Schichtdicke, wie sie in der Mundhöhle nur an den Prädilektionsstellen der Karies vorkommt, nach 14 Stunden Einwirkungszeit Werte von über 3000 ppm. Diese reduzierten sich nach sieben Tagen Wässerung in Speichelersatzlösung auf ca. 1700 ppm, wobei der Fluoridgehalt tieferer Schichten etwas zunahm. Unsere in-vivo-Touchierungen ergaben in der äußeren Schicht nach durchschnittlich 3,3 Tagen Wartezeit ca. 1500 ppm. Dieser niedrigere Fluorgehalt ist wohl auf die ungünstigeren Bedingungen in der Mundhöhle zurückzuführen. In tieferen Schichten erzielten wir bei den in-vivo-Touchierungen jedoch höhere Werte als die in-vitro-Versuche ergaben. In der Schmelzschicht 60-90 μm erreichten wir in der Mundhöhle einen etwa doppelt so hohen Fluor-Gehalt wie bei den in-vitro-Versuchen. Während ein starker Abfall des Fluor-Gehaltes in tieferen Schichten zu verzeichnen war, bewirkten die in-vivo-Touchierungen einen Fluor-Gehalt von über 1000 ppm bis zu einer Schmelztiefe von 120 μm . Diese größere Tiefenwirkung ist wohl damit zu erklären, daß unterschiedliches Zahnmateri-
al touchiert wurde. Während SCHMIDT für seine in-vitro-Versuche retinierte Weisheitszähne mit völlig intakter Schmelzoberfläche benutzte, waren unsere Zähne, die ja in der Mundhöhle standen und zur Extraktion bestimmt waren, meist kariös verändert. Auch die von uns für die Analyse ausgewählten relativ gut erhaltenen Stellen der Zahnoberfläche wiesen wahrscheinlich eine größere Durchlässigkeit auf als völlig intakter Schmelz.

Die so entstandene breite fluoridierte Zone läßt wiederum erwarten, daß Entkalkungsprozesse weniger schnell vorzudringen vermögen.

Unsere Experimente zeigten weiterhin, daß an Zahnflächen, die in Kontakt mit Nachbarzähnen standen, eine signifikant höhere

Fluoridierung eintrat. Sie ist offensichtlich auf das bereits erwähnte Zusammenfließen des Fluorlackes an den Prä-dilektionsstellen der Karies und die damit verbundene länger anhaltende Fluorid-Einwirkung zurückzuführen.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir die Fluoridierungswirkung zweier Fluorlack-Präparate nach einmaliger Touchierung bei Erwachsenen. Es handelte sich um einen ammoniumfluoridhaltigen und um einen natriumfluoridhaltigen Lack.

Der Fluorgehalt des Zahnschmelzes wurde nach Extraktion der Zähne durch schichtweises Abätzen und chemische Analyse bis zu einer Tiefe von 0,4 mm quantitativ bestimmt. Sowohl der natriumfluoridhaltige als auch der ammoniumfluoridhaltige Lack bewirkten in der äußersten Schmelzschicht (bis 0,03 mm) eine deutliche Anhebung des Fluorgehaltes auf 1510 ppm bzw. 1044 ppm. Der Vergleich der Versuchsergebnisse beider Präparate ergab eine weit größere Tiefenwirkung des natriumfluoridhaltigen Lackes, die sich statistisch sichern ließ. Die Anwendung des natriumfluoridhaltigen Lackes führte zu Fluorgehalten von über 1000 ppm in einer Gesamtschichtdicke von 0,12 mm. Diese breite fluoridierte Zone läßt den natriumfluoridhaltigen Lack als Kariesprophylaktikum besonders geeignet erscheinen.

Bei beiden Fluorlack-Präparaten zeigte sich ein signifikant größerer F-Gehalt bei den Zahnflächen, die in der Mundhöhle in Kontakt gestanden hatten, als bei den kontaktfreien Flächen derselben Zahneinheiten. Es wird damit erneut gezeigt, daß der Fluor-Lack besonders an den Prä-dilektionsstellen der Karies zur Wirkung kommt.

Literaturverzeichnis

- ALBAT, E.: In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.
Med. Diss. Marburg 1968
- ARMSTRONG, W.D., B.G. BIBBY, J.W. KNUTSON: zitiert von WANNENMACHER, E., Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde von HOFER/REICHENBACH/SPRETER v. KREUDENSTEIN/WANNENMACHER, Zahnerhaltungskunde 643, Leipzig 1968
- ARNOLD, F.A. et al.: Fifteenth Year of the Grand Rapids Fluoridation Study.
J. Amer. dent. Ass. 65, 780 (1962)
- BÜTTNER, W., S. SCHÜLKE und S. SOYKA: Eine einfache Bestimmung kleiner Mengen von Fluor (5-30 µg) in Knochen und Zahnhartgeweben durch Diffusion.
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 24 (1963)
- BRUDEVOLD, F., D.E. GARDNER und F.A. SMITH: The distribution of fluoride in human enamel.
J. dent. Res. 35, 420 (1956)
- DEAN, H.T.: Endemic fluorosis and its relation to dental caries.
US.Publ.Hlth.Rep. 53, 1443 (1938)
- FINN, S.B. und H.C. JAMISON: Eine vergleichende klinische Untersuchung von drei Zahnpasten.
Quintessenz Heft 6 (1964)
- HEUSER, H. und W. KESSLER: Verminderung der Zahl von Neuerkrankungen an Zahnkaries durch Fluor-Pinselungen und Ammonium-Ionhaltige Zahnpflegemittel.
Zahnärztl. Rundsch. 61, 603 (1952)

HEUSER, H.: Die Bedeutung des Speichels bei der kariesprophylaktischen Anwendung von Fluorpräparaten durch Tuschierung.

Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1345 (1957)

HEUSER, H.: Zur Frage der Kariesprophylaxe durch Fluor.

Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 419 (1962)

HEUSER, H. und H.F.M. SCHMIDT: Die Wirkung des Kariesprophylaktikums Fluor-Lack im Tierversuch mit Albinoratten.

Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 47, 133 (1966)

HEUSER, H. und H.F.M. SCHMIDT: Zahnkariesprophylaxe durch Tiefenimprägnierung des Zahnschmelzes mit Fluor-Lack.

Stoma 21, Heft 2 (1968)

HOFFMANN, U.: Zahnärztliche Reihenuntersuchungen bei Kasseler Schulkindern, sechs Jahre nach Beginn der Trinkwasserfluoridierung.

Diss. Marburg 1959

KESSLER, W. und K. SOLTH: Ergebnisse der Zahnkariesprophylaxe durch interne Fluorgaben.

Stoma 11, 14 (1958)

KNAPPWOST, A.: Zur Kenntnis der lokalen Fluoridierung durch Fluoride, Fluorsilikate und fluoridierte Zahnpasten.

Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 681 (1952)

KÖNIG, K.G.: Kariesprophylaxe durch lokale Fluoranwendung.

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 77, 555 (1967)

KÜNZEL, W. und E. PALITZSCH: Trinkwasserfluoridierung Karl-Marx-Stadt III. Mitteilung: Die Kariesverbreitung im Milchgebiss nach achtjähriger Kontrollzeit.

Dtsch. Stomat. 19, Heft 6 (1969)

VI. Mitteilung: Gingivalbefunde und Mundhygiene.

Dtsch. Stomat. 20, Heft 12 (1970)

LEONHARDT, H.: Ergebnisse der Fluortablettenzufuhr bei Salzburger Schulkindern.

Orca 1963, S. 49

Advances in Fluorine Research and Dental Caries Prevention. Pergamon Press 1964

MAIHALD, H.-J. und L. GEIGER: Lokalapplikation von Fluorschuttlack zur Kariesprophylaxe in Kollektiven.

Dtsch. Stomat. 23, Heft 1 (1973)

MARTHALER, Th.M.: Zur Frage des Fluorvollsalzes; erste klinische Resultate.

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 671 (1961)

MARTHALER, Th.M.: Karieshemmung nach fünf Jahren bei Gebrauch einer Aminfluoridzahnpaste.

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 509 (1965)

MARTHALER, Th.M. und K.G. KÖNIG: Der Einfluß von Fluortabletten in der Schule auf den Kariesbefall 6- bis 15-jähriger Kinder.

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 77, 539 (1967)

MÜHLEMANN, H.R., K.G. KÖNIG, Th.M. MARTHALER: Organische Fluoride

Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 70, 1037 (1960)

MÜHLEMANN, H.R., A. SCHAIT und K.G. KÖNIG: A chemical method for the removal of enamel surface layers and its suitability for fluoride analysis.

Helv. odont. Acta 8, 147 (1964)

MÜHLEMANN, H.R.: Die kariesprophylaktische Wirkung der Aminfluoride.

Quintess. zahnärztl. Lit. 18, 3192 (1967)

MUHLER, J.C.: The effect of a stannous fluoride dentifrice on caries reduction in children during a three-year study period.

Caries Symposium Zürich 1961, S. 9, Bern: Huber

- NEUMANN, P.: Klinische Untersuchung über die Reduktion der Zahnkaries bei Erwachsenen nach ein- und zweimaliger Touchierung mit einer Fluoridlack-Kombination von neutralem pH-Wert.
Med. Diss. Marburg 1967
- PERDOCK, W.G.: Die Aufnahme von Fluorionen durch Zahnschmelz.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 62, 249 (1952)
- RATHJE, W.: Zur kariesvermindernden Wirkung der örtlichen Fluoridbehandlung des Zahnschmelzes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 1055 (1953)
- RICKEN, R.: Untersuchungen über die Wirkung eines sauren pH-Wertes einer Fluorid-Lack-Mischung auf die Kariesreduktion im klinischen Versuch bei Erwachsenen.
Med. Diss. Marburg 1967
- SCHMIDT, H.F.M.: Ein neues Touchierungsmittel mit besonders lang anhaltendem intensivem Fluoridierungseffekt.
Stoma 17, 14 (1964)
- SCHMIDT, H.F.M.: Untersuchungen zur Prophylaxe der Zahnkaries durch örtliche Applikation von Natriumfluorid unter besonderer Berücksichtigung der Langzeitfluoridierung.
Med. Habil.-Schrift Marburg 1967
- SCHMIDT, H.F.M.: Das Fluor-Lack-Verfahren und seine kariesprophylaktischen Anwendungsmöglichkeiten.
Zahnärztl. Mitt. 59, 633 (1969)
- SCHMIDT, H.F.M.: Kariesprophylaxe durch Tiefenimprägnierung des Zahnschmelzes mit Fluor-Lack.
Dtsch. Stomat. 21, Heft 2 (1971)
- SCHÜTZMANNISKY, G.: 5-Jahres-Ergebnisse lokaler Fluorapplikation.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 22, 166 (1955).

- STEIN, U.: Zahnärztliche Reihenuntersuchungen bei Kasseler Schulkindern, viereinhalb Jahre nach Beginn der Trinkwasserfluoridierung.
Med. Diss. Marburg 1957
- TORELL, P. und Y. ERICSSON: Two-year clinical tests with different methods of local caries-preventive fluorine applications in Swedish school-children.
Acta odont. scand. 23, 287 (1965)
- TRAUTZ, O.R., E. FESSENDEN und R.R. ZAPANTA: Effects of sodium fluoride on calcium salts and dental enamel.
J. dent. Res. 36, 4 (1959)
- WANNENMACHER, E.: Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde von HOFER/REICHENBACH/SPRETER v. KREUDENSTEIN/WANNENMACHER, Zahnerhaltungskunde 643, Leipzig 1968
- WESPI, H.: Fluoridiertes Kochsalz zur Kariesprophylaxe.
Schweiz. med. Wschr. 561 (1950)
- WHARTON, H.W.: Isolation and determination of microgram amounts of fluoride in materials containing calcium and orthophosphate.
Analyt. Chem. 34, 1296 (1962)
- WIEGELMANN, F.: Oberflächenhistologische Untersuchungen zur Frage der Herabsetzung der Lösungsgeschwindigkeit der Zahnhartsubstanzen durch lokale Fluoridierung mit Cervin-Reogan.
Med. Diss. Marburg 1957

Herrn Professor Dr. Schmidt danke ich für die
Überlassung des Themas und die Förderung meiner
Arbeit durch freundliche Unterstützung und
fachliche Beratung.

Frau Professor Dr. I. Hennis danke ich für die
Übernahme des Korreferates.

Lebenslauf

Am 9. September 1944 wurde ich, Charlott-D. Schönbauer geb. Weiß, als erstes Kind des Stabsarztes Dr. Hans Weiß und seiner Ehefrau Charlotte geb. Lambertz in Rostock geboren.

1951-1956 besuchte ich die St.-Georg-Schule in Rostock. 1956 verließen meine Eltern Rostock. Das Schuljahr 1956/57 verbrachte ich am Gymnasium in Bad Salzuflen. 1957 bis 1962 besuchte ich das Mädchengymnasium in Barmen, bis 1964 das Mädchengymnasium in Elberfeld. 1966 legte ich am Dietrich-Bonhoeffer-Gymnasium in Hilden die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1966 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn, wo ich am 26.3.69 die zahnärztliche Vorprüfung ablegte. Am 19.11.71 schloß ich mein Studium in Marburg mit dem Staatsexamen ab und erhielt am 13.12.71 die zahnärztliche Approbation. Seit Juli 72 bin ich an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Philipps-Universität Marburg als wissenschaftliche Angestellte beschäftigt.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren
Professoren und Dozenten :

Dimroth, Haan, Hennis, Hering, Heuser, Janke, Karlson,
Korb, Mahr, Mann, Niemeyer, Pantke, Petry, Pfütz, Ricken,
Rohen, Rosemann, Salfeld, Schiff, Schmid, Schmidt, Schnell,
Seidel, Siegert, Walcher, Wendt.

